

国际交流地质学术论文集

为二十六届国际地质大会撰写



水文地质·工程地质
第四纪地质·地貌

地质出版社

中国北京

5
33

ISBN 7-309-04512-2
2007年12月第1版
2007年12月第1次印刷

国际文献顺序学术论文集

国际文献顺序学术论文集

5

国际文献顺序学术论文集
国际文献顺序学术论文集

国际文献顺序学术论文集
国际文献顺序学术论文集

国际交流地质学术论文集

——为二十六届国际地质大会撰写——

(五)

水文地质 工程地质 第四纪地质 地貌

地质出版社

中国 北京

国际交流地质学术论文集
——为二十六届国际地质大会撰写——
(五)

水文地质 工程地质 第四纪地质 地貌

*

地质部书刊编辑室编辑

地质出版社出版
(北京西四)

地质印刷厂印刷
(北京安德路47号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

开本: $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ · 印张: $7\frac{7}{8}$ · 插页: 4个 · 字数: 191,000

1980年4月北京第一版·1980年4月北京第一次印刷

印数1—3,990册·定价1.20元

统一书号: 15038·新531

前 言

随着我国转入社会主义四个现代化建设以来,地质事业和地质科学研究得到了更广泛的重视和发展。为了更好地进行国际学术交流,促进地质科学研究水平进一步提高,我国地质学家们积极为1980年7月在法国巴黎召开的第二十六届国际地质大会撰写学术论文。鉴于大会除专题报告外,对其他论文只印出论文摘要,因此,我们将论文汇编成集以满足国内外的需要。

《论文集》按其专业内容性质,共分为七个分册:

- (一) 构造地质 地质力学
- (二) 矿物 岩石 地球化学
- (三) 成矿作用和矿床
- (四) 地层 古生物
- (五) 水文地质 工程地质 第四纪地质 地貌
- (六) 物探 化探 数学地质
- (七) 前寒武纪地质

这些论文在提交时,曾经过有关专家的审查和作者的认真修改,又得到编纂、译校人员和地质出版社的大力支持,使这一论文集得以在二十六届国际地质大会之前出版,这是大家共同努力的结果。在此,一并表示谢意。

第二十六届国际地质大会筹备办公室

一九七九年九月一日

目 录

论地下水网络·····	胡海涛	许贵森	(1)
中国地热资源特征·····	安可士	黄尚瑶	(10)
河北平原第四系水文地质主要特征·····	邵时雄	朱延华	安钟元 (18)
四川盆地西南地区三叠系卤水形成问题·····	汪蕴璞	王焕夫	田荣和 (28)
青藏高原格尔木—那曲地带多年冻土区的地下水类型及其分布特征 ·····	安钟元	翟荣廷	(49)
岩体稳定的工程地质力学研究·····	谷德振	王思敬	黄鼎成 (57)
地震液化宏观机制及其与地面震害的关系·····	方鸿琪	王钟琦	赵树栋等 (67)
中国黄土的古气候记录及其反映的古气候演化·····	刘东生	文启忠	郑洪汉等 (77)
中国北方第四纪沉积物的磁性地层学研究·····	李华梅	安芷生	王俊达 (83)
中国碳酸盐岩系的发育与岩溶区划·····		张寿越	(91)
桂林地区的岩溶峰林地貌及其发育·····	朱学稳	朱德浩	茹锦文 (98)
青藏高原的冰缘现象与环境重建 ·····		崔之久	(109)

CONTENTS

On Ground Water Network	Hu Haitao & Xu Guisen (8)
On the Characteristics of Geothermal Resources in China	An Keshi & Huang Shangyao (17)
The Main Hydrogeological Characteristics of Quaternary Aquifers in Hebei Plain	Shao Shixiong, Zhu Yanhua & An Zhongyuan (27)
On the Genesis of Brine in the Triassic System of Southwest Si- chuan Basin, China.....	Wang Yunpu, Wang Huanfu & Tian Ronghe (47)
Groundwater Types and Distribution in Geermu-Naqu Permafrost Region on Qinghai-Xizang Plateau of China	An Zhongyuan & Zhai Rongting (56)
On the Engineering Geomechanical Study of Rock Mass Stability	Gu Dezhen, Wang Sijing & Huang Dingcheng (65)
Macroscopic Mechanism of Soil Liquefaction Induced by Earth- quake and Its Influence on Ground Surface Damage	Fang Hongqi, Wang Zhongqi & Zhao Shudong (74)
Palaeoclimatic Records in Loess of China and Their Reflection of the Ancient Climate Evolution	Liu Tungsheng, Wen Qizhong & Zheng Honghua (82)
Magnetostratigraphic Study of Quaternary Sediments in North China.....	Li Huamei, An Zisheng & Wang Junda (89)
Carbonate <u>Rock</u> Formations and Karst Zonation in China	Zhang Shouyue (97)
The Karst and Its Development in Quilin District.....	 Hu Dehai & Ru Jinsen (107)
Periglacial on Qinghai- Xizang (T Cui Zhijun (120)	

论地下水网络

胡海涛 许贵森

(中国地质科学院地质力学研究所)

基岩地下水赋存于岩体、岩层的裂隙、溶穴之中,它的埋藏、分布与赋存规律,受多种自然因素的影响。其中主要受控于区域内的构造体系^[1]和岩石性质,同时必须考虑气候、水文及地貌等条件。

构造体系对地下水的控制^[2]表现为:不同力学性质结构面及其组合关系的控水;不同构造序次和构造级别的控水;不同构造型式以及构造体系的复合关系控水。一定构造应力场形成的构造体系具有一定的构造型式,它控制了裂隙岩石中地下水的补给、径流、富集和排泄条件。

一、地下水网络的含义及其立论依据

地下水网络的涵义,狭义地讲,是指地下水在岩体、岩层中的含水带及其所组成的网状和网层状含水结构体的总和。所谓含水带,是地下水在一定空间分布的导水结构面赋存、运移的带状(或脉状)流,其水动力特征往往是非均一的、各向异性的。导水结构面主要包括张性及张扭性断裂及溶蚀裂隙。不同方位、不同富水程度的含水带交织成地下水网络,含水网络多发育于脆性及可溶性裂隙岩层和岩体之中。

阻水结构面如压性、压扭性断裂及隔水岩层,它们的组合,形成了阻水结构。在地下水补给源充沛的条件下,导水网络与阻水结构的组合和配置,便成为一定型式的储水构造。

当然,导水网络与阻水结构中尚应包括原生结构面,如层面、原生节理面及地层接触面等。在构造较轻微的地区,次生构造结构面不发育的情况下,原生结构面的组合往往成为主要的储水网络。如玄武岩流中沿原生柱状节理发育的含水网络。

地下水网络概念的提出,不仅是理论上的探讨,而且在我国勘探实践中已得到了验证。归纳起来,有以下的论据:

1. 地下水在岩体、岩层中运移所留下的痕迹。属于地下水沉淀的痕迹,如冷水沉淀的方解石脉、膏盐脉及铁锰质沉淀等;属于地下水溶蚀、潜蚀的痕迹有各类岩溶和潜蚀孔洞,它们往往沿导水构造裂隙成脉状或网状排列,是古地下水网络的遗迹。

2. 青藏高原多年冻土地区,温泉、泉华丘、泉华垄沿断裂系统呈带状及网格状分布,如唐古拉山北麓温泉谷地两侧,温泉及泉华丘沿北北东扭压性断裂上盘呈带状分布^①

① 胡海涛、许贵森:青南—藏北高原的构造体系及其对地下水的控制。

(图1), 泉华垄顺北西西向张扭性断裂排列。这些扭压性断裂是组成附近较大区域的浦须涌旋卷构造的旋迴面构造成分。另外, 在冻结了的高原面上, 经常可见到冷泉、冰椎、冰丘呈带状或网格状排列。这些表面现象反映了深部冻土层下水沿活动断裂融区成网状运动的实质。

3. 我国南方石灰岩广泛分布的岩溶地区, 地下暗河相当发育。地下河系的展布受构造体系的控制, 如广西都安县地苏地下河系, 位于广西山字型构造的前弧西翼。地下河系的主流与区域构造线方向趋于一致, 由北北西流向南南东, 沿向斜轴部发育, 向南注入红水河。支流呈北东东—南西西向, 沿张性或张扭性断裂发育。支流汇入主流形成羽毛状地下河系(图2)。另外, 不少岩溶地区, 地表岩溶现象, 如岩溶洼地、漏斗、天窗、塌陷等的分布亦受一定构造格局的控制。

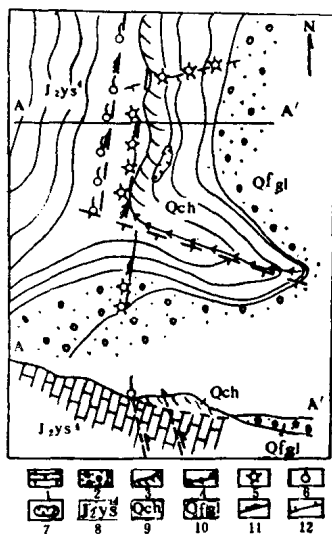


图1 温泉谷地西侧104道班附近温泉口、泉华丘、泉华垄沿断裂带呈网格状分布示意图

1—石灰岩; 2—砂砾石; 3—泉华阶地; 4—泉华垄; 5—泉华丘; 6—温泉口; 7—集水坑; 8—中侏罗统雁石坪群灰岩; 9—第四纪化学沉积; 10—第四纪冰水沉积; 11—扭压性断裂; 12—张性断裂

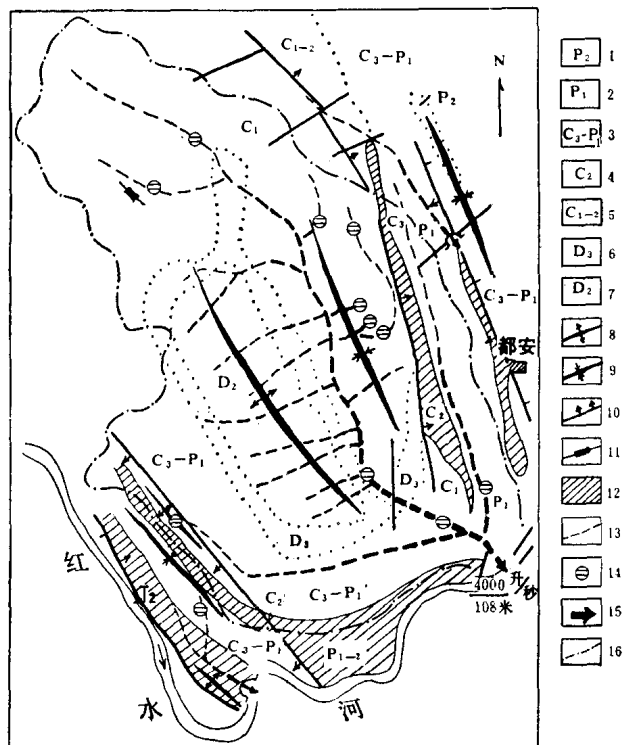


图2 广西都安县地苏地下河示意图
(据广西水文工程地质队)

1—上二叠统砂页岩; 2—下二叠统石灰岩; 3—下二叠统一上石炭统石灰岩夹白云岩; 4—中石炭统白云岩; 5—中下石炭统石灰岩; 6—上泥盆统石灰岩夹砂页岩; 7—中泥盆统石灰岩、白云岩; 8—背斜轴; 9—向斜轴; 10—断层; 11—裂隙产状; 12—隔水层; 13—地下河系; 14—天然水点露头; 15—地下河出口(流量/标高); 16—地下分水岭

4. 我国南方的侏罗-白垩系红色盆地, 细粒碎屑岩中的裂隙水, 经勘探证实, 亦呈明显的地下水网络产出。如浙江金华盆地, 位于华夏式构造体系与区域东西构造带的复合部位。两者复合、叠加的结果, 在白垩系钙质胶结的粉、细砂岩中, 形成南北向与北西向导水结构面组合成的导水和富水网络(图3)。而东西向压扭性断裂则起到横向阻水作用。根据这种地下水网络的图象布置勘探钻孔, 证实只要打在南北向含水带上或东西向阻水断裂的上盘以及含水带的交汇点上的钻孔, 涌水量都比较丰富。

5. 在基岩地区特别是岩溶地区进行群孔抽水试验, 下降漏斗等水位线的形状往往成

条带状或不规则的十字形状,反映了抽水孔附近地下水网络中主流带的展布形状以及基岩水各向异性的特征。

另外,在岩溶地区矿坑疏干的强烈抽水过程中,地表往往产生塌陷,这些陷坑呈带状集中分布于张性断层的两侧,如湖南恩口煤矿地表塌陷。

上述这些例证充分说明,无论在石灰岩岩溶地区、红色岩层分布的盆地地区或高原多年冻土地区都发育有受一定构造体系控制的地下水网络。

地下水网络以区域阻水构造及阻水岩层为边界,在边界范围内形成单独补给、径流及排泄系统的地下水流域称为地下水系。

地下水系与地表水系之间,有着相互联系、相互制约,在一定条件下相互转化的关系。地下水网络在其发展过程中,也不是一成不变的,而是随着晚近构造活动、地貌演变以及人类工程活动(如大型水库蓄水和大型矿坑疏干等),在水系范围、水质、水量及动态规律等方面都有着变化。

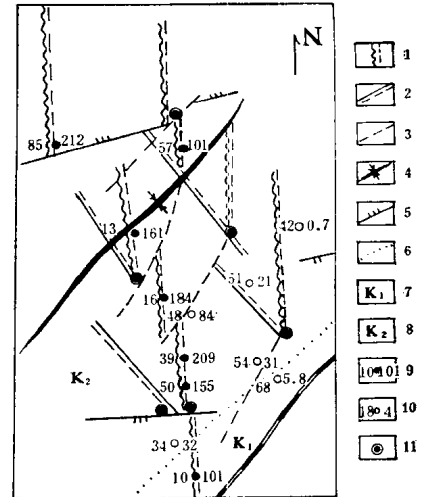


图3 浙江金华盆地中义乌附近的地下水网络示意图

(据浙江省水文地质工程地质队)

1—强导水带; 2—中导水带; 3—弱导水带; 4—向斜; 5—阻水带; 6—地层界线; 7—下白垩系; 8—上白垩系; 9—富水钻孔[左侧为孔号,右侧为单位涌水量(吨/昼夜·米)]; 10—贫水钻孔(吨/昼夜·米); 11—预测富水孔位

二、地下水网络的基本模式及其富水部位

地下水网络的基本模式,决定于一定的构造型式,可划分下列几种(图4):

1. “米”字型网络模式(图4—1):受纬向及经向构造体系控制,前者呈正“米”字型,后者呈侧“米”字型。以纬向构造体系为例,东西向压性结构面本身起阻水作用,但其旁侧构造裂隙带构成纵向导水带。南北向初次张裂与东西向再次张裂组成强导水带,北北东及北北西向扭裂为中等导水带。它们的有机组合形成“米”字型地下水网络模式。

其主要富水部位:(1)张性断裂及其与其它断裂的交汇部位;(2)压性断裂迎水面的旁侧派生裂隙带;(3)褶皱轴部的纵张裂带及网层状含水层;(4)向斜轴部及背斜的倾伏端。实践证明,在这些部位布孔可以获得较丰富的水量。

属东西构造带控制的地下水网络,如云南南盘江天生桥地区的地下河系^①(图5),发育于石炭二叠系灰岩地区。主要构造形迹为东西向的安然短轴背斜,并发育有翼部的近东西向压性断裂(F_1, F_2, F_3),北北东至北东向的扭性断裂($F_4—F_{11}$),裂隙系统亦与上述断裂方向相适应。

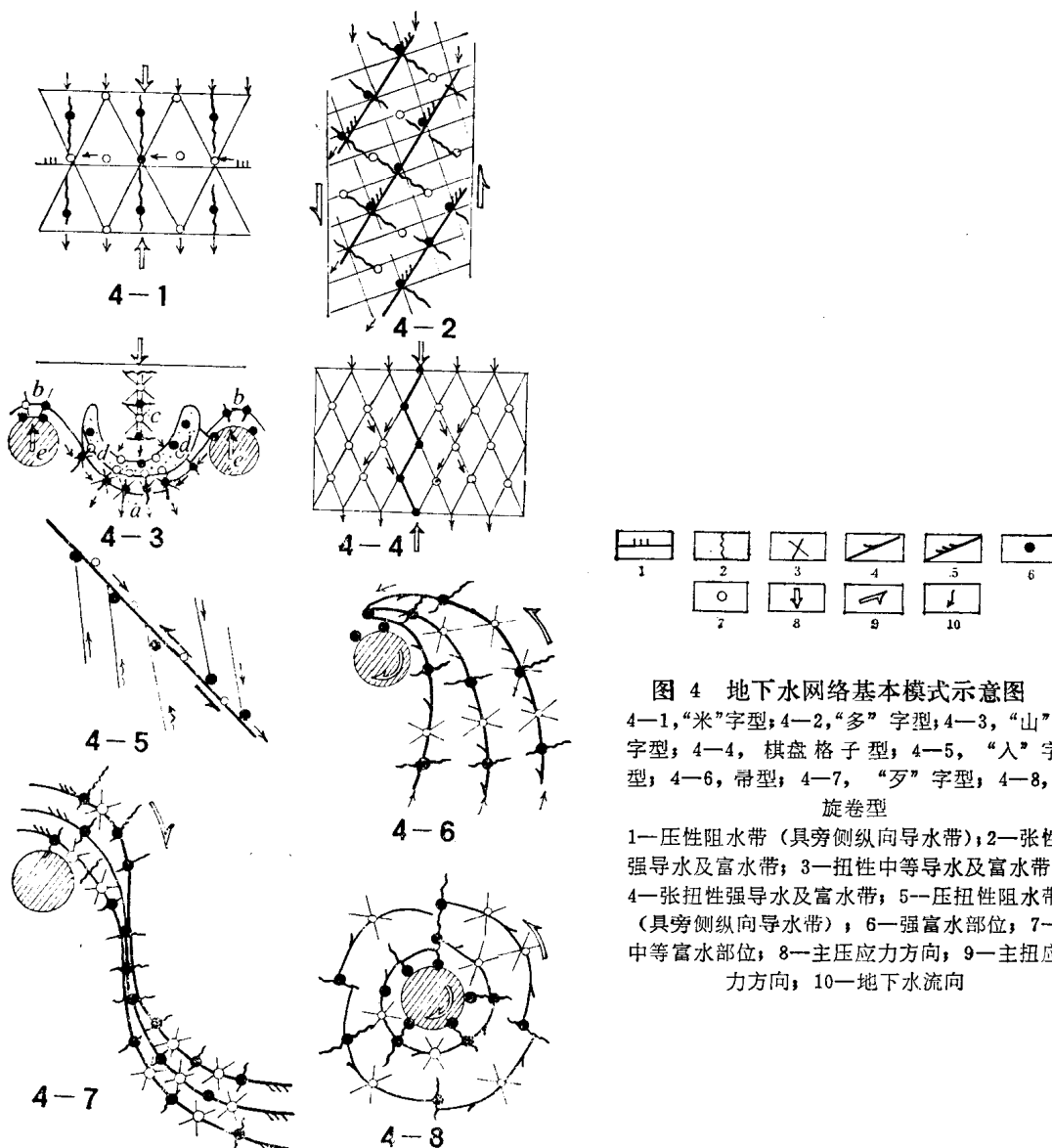
区内发育的地下暗河,经探明者有六条。其展布方位与发育条件如附表所列。

表中所列的这些暗河是区域地下水网络中的主流带,其展布形象完全受区内断裂系统的控制,在平面上呈不完善的“米”字型网络模式。

2. “多”字型网络模式(图4—2):我国东部的华夏系、新华夏系、华夏式构造体系

^① 水利电力部第九工程局勘测设计院资料。

暗河编号	暗河名称	延伸方向及水系状况	发育条件
1	纳贡暗河系	主流南西西—北东东，长15公里，有三条小支流呈树枝状 南侧大支流，大体由南南西—北东东，横穿背斜轴部，长12公里	沿F ₁ 压性断裂一侧与近东西向节理发育 沿北北西与北北东两组扭裂面追踪
2	科风暗河系	流向北东东—南西西，长1.6公里	沿F ₁ 压性断裂一侧发育
3	坡陇暗河系	流向北东—南西，长1—2公里	沿北东向扭裂面发育
4	祥播暗河系	流向南东东—北西西，长约5公里	沿F ₂ 压性断裂上盘发育
5	小河沟暗河系	下游流向南南西—北北东，长约13公里 上游流向由西向东	沿F ₁₀ 张扭性断裂横穿向斜 上游沿近东西向层面及节理面发育
6	那棒暗河系	流向南西—北东，长11—12公里	沿F ₃ 扭性断裂发育



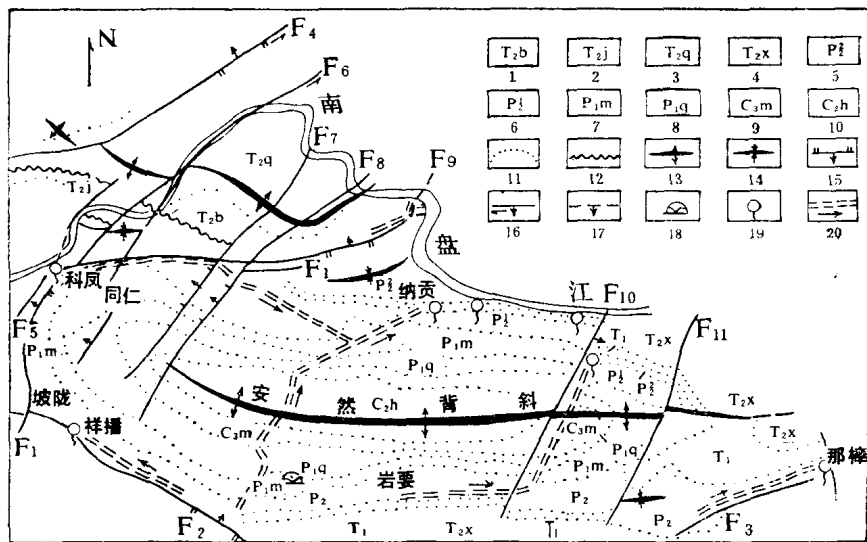


图 5 南盘江天生桥地区地下暗河系与地质构造关系示意图

(据水利电力部第九工程局勘测设计院)

1—中三叠统厚层灰岩；2—中三叠统砂岩、页岩；3—中三叠统灰质白云岩；4—中三叠统灰岩夹页岩；5—上二叠统泥质条带灰岩；6—上二叠统厚层灰岩；7—下二叠统厚层细晶灰岩；8—下二叠统灰黑色厚层灰岩；9—上石炭统灰白色厚层灰岩；10—中石炭统浅灰色厚层灰岩；11—岩层界线；12—相变带；13—背斜；14—向斜；15—压性断裂；16—扭性断裂；17—推测断裂；18—有水溶洞；19—泉；20—地下暗河（箭头示流向）

及我国西部的河西系均属此类构造型式。

以新华夏系为例，主要构造形迹为北北东向的隆起、拗陷及褶皱、地块并伴随有同方向的压扭性断裂，呈雁行排列。压扭性断裂在横向上起着阻水作用，但其一侧的派生裂隙带成为良好的纵向导水带；北北西向的扭张性断裂与北西西向张扭性断裂均为强导水的主干脉。上述导水结构面交织起来成为“多”字型地下水网络。

富水部位：(1) 压性断裂主动盘的派生裂隙带；(2) 张扭及扭张性断裂及其与压扭性断裂的交汇部位；(3) 晚近时期活动的“多”字型构造体系的拗陷或断陷中，往往沉积有深厚的第四系含水层，为孔隙层状水的富集地带。典型的例证如山西高原新华夏构造体系控制的“多”字型地下水网络。

3. “山”字型网络模式(图 4—3)：受“山”字型构造型式的控制。它的构造要素包括：a, 前弧；b, 反射弧；c, 脊柱；d, 马蹄型盾地；e, 砥柱等。

前弧外侧的地下水网络的主流带沿褶皱轴部或压扭性断裂一侧运移，由两翼向弧顶张裂带集中。前弧内侧的主流带则向马蹄形盾地地方集中，往往形成流向相反的两个地下河流域，如广西德保山字型控制的地下河系^①(图 6)。脊柱褶皱带由于延伸不长，且往往缺乏广阔的汇水面积，因此一般富水条件较差。

富水部位：(1) 前弧弧顶或反射弧弧顶，压扭性断裂与放射状张性断裂交汇部位；(2) 前弧背斜、向斜轴部及压扭性断裂上盘，处于地下水流向的下游部位；(3) 脊柱前缘与马蹄形盾地交界处；(4) 马蹄形盾地拗陷及断陷中第四系孔隙层状水的富水构造。

4. 棋盘格子网络模式(图 4—4)：为一套共轭组合的扭裂面，一般倾角较陡，常发育

① 程俊贤：德保山字型构造与地下河展布特征。

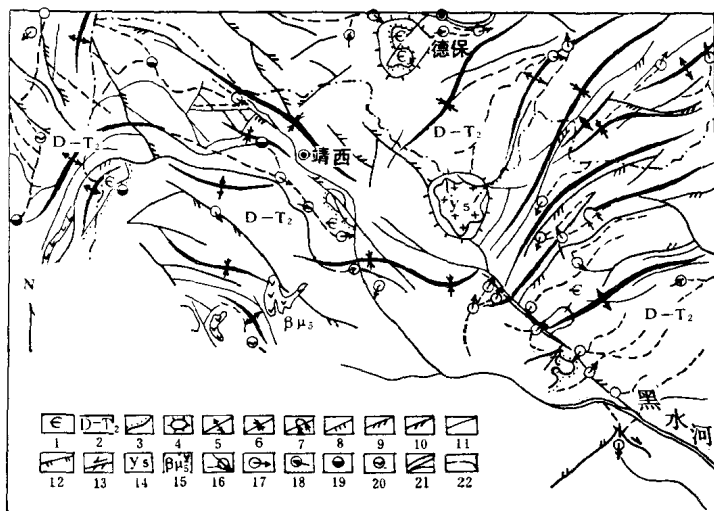


图 6 广西德保山字型前弧部位构造形迹及地下暗河系展布图
(据广西壮族自治区水文工程地质队)

1—寒武系；2—泥盆系至中三叠统；3—角度不整合；4—穹窿；5—背斜；6—向斜；7—倒转向斜；8—压性断裂；9—压扭性断裂；10—张扭性断裂；11—扭性断裂；12—张性断裂（9—12属山字型构造体系）；13—右江系张性断裂；14—印支期花岗岩；15—中生代基性火成岩；16—地下暗河；17—地下暗河出口；18—地下暗河入口；19—地下水库；20—天窗；21—河流；22—地下分水岭

主干断裂与分支断裂交汇处，岩石特别破碎，如处于地下水流的下流，往往形成富水位^②。

6. 旋卷构造网络模式：受多种多样的旋卷构造型式所控制，有帚型（图 4—6）、“歹”字型（图 4—7）、莲花型（图 4—8）、涡轮型等。它们的地下水网络各不相同，但由于它们的运动方式都是围绕某一中心（砥柱或旋涡）旋扭，因此在富水规律上有其共同之点，即：（1）砥柱四周应力比较集中，岩石破裂较剧，尤其是张扭性旋迴面比较富水；（2）旋涡部位为第四纪拗陷时，松散沉积物中的孔隙水比较富集；（3）旋迴层如为第四纪环形或弧形谷地，其中如堆积了深厚的第四系沉积物，成为天然地下水库，如青藏高原受浦须涌旋卷构造控制的温泉谷地和昂才环形谷地；（4）沿旋迴面或与垂直于旋迴面的次级张扭性断裂的交汇部位；（5）弧形断裂或环形断裂曲率较大部位；（6）弧形断裂的收敛部位。

上述各类网络模式，主要是地下水埋藏、分布和赋存的模式，关于网络中地下水的运动模式有待进一步研究。

不同构造体系的复合地区，必须根据不同构造型式、不同结构面的组合，研究构造发生时期及复合关系，再综合地貌、岩性、水文等因素，绘制地下水网络的复合网络图象。例如南京东郊地下水网络^③（图 7）。该区正位于淮阳山字型构造宁镇反射弧西翼与新华夏构造体系的复合部位。前者的构造形迹表现为北东—南西向的弧形褶皱带，剖面上呈梳状褶皱型式。卷入褶皱带的地层由震旦系至白垩系，其中包括二个裂隙含水岩组和三个碳酸盐含水岩组。沿褶皱带有一组北西向张扭性断裂，从弧形褶皱带内侧向外侧延伸，切断所有压性结

在地层较平缓的地区。当地层轻微褶皱之后，常沿两组扭裂形成追踪张裂。此种情况下，更有利于地下水的富集。在山字型构造的马蹄形盾地及新华夏系的平缓地层地段，寻找这种地下水网络具有重要的意义。

富水部位：（1）追踪张裂或与扭裂的交汇部位；（2）两组扭裂的交汇部位。此种棋盘格式构造有时发育很深，成为深部热水富集的通道，如福州热田即受此种网络的控制^①。

5. “入”字型网络模式（图 4—5）：由主干断裂与分支断裂所组成，分支断裂可以在断层的一侧或两侧发育。在

① 黄汉纯等：一个热田的地质力学分析方法。

② 钟立勋：京西八宝山断裂带的控水作用。

③ 江苏省地质局水文地质队刘占东等：南京东郊仙鹤门水源地的发现。

构面，此组断裂方向性强。后者的构造形迹主要为北北东（22—30°）的压扭性断裂及其伴生的北北西向扭张性和北东东的扭压性断裂，以断裂形式叠加于较老的弧形构造之上。使相应方向断裂得以加强，北北东向主干断裂南段与弧形构造的压性断裂重接复合，加强了阻水作用。区内水带展示有两个主要方向：一是平行于弧形构造线，由压性结构面及细碎屑岩建造分隔而成的条带，或沿着由可溶岩组成的次一级向斜轴部发育。另一组水带是沿北西、北北西向的张扭性断裂发育而成。二者相

互交织成为区内地下水网络的复合模式。再加上疏密不均的裂隙、溶隙组成的次级网络，就构成了南京东郊地区基岩地下水网络的图象。根据这一图象找到了可供开发利用的水源地。

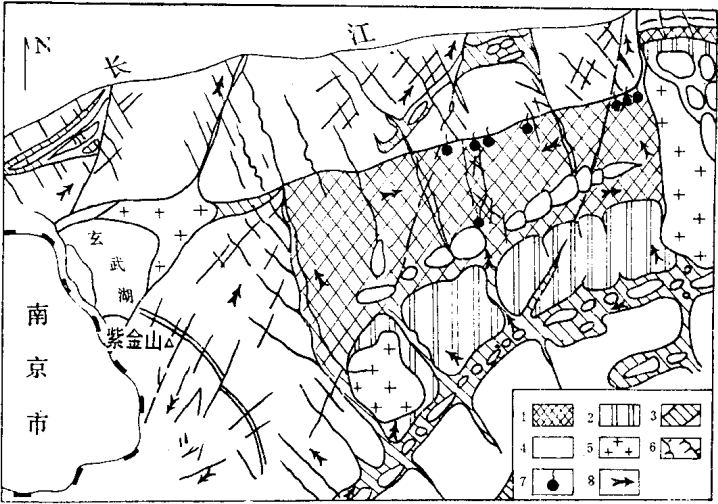


图 7 南京东郊地下水网络示意图

（据江苏省地质局水文队稍加修改）

1—掩覆型网层状储水构造；2—埋藏型网层状储水构造；3—水带、水网发育密集带；4—相对隔水岩层；5—侵入岩体；6—水带；7—泉水；8—地下水运移方向

三、结 束 语

学习和应用李四光教授倡导的地质力学的理论和方法，调查研究基岩地下水的埋藏、分布与赋存规律，实践证明是行之有效的。

地下水在岩体、岩层中的补给、径流、储积和排泄条件严格受到构造体系的制约。地下水的运移循一定构造型式的导水格架形成地下水网络。它是由水带、水网和网层组成的，具有一定流域范围的统一循环系统。网络的平面模式，可划分为“米”、“多”、“山”、“入”字型及棋盘格式、旋卷构造型等基本模式。各种模式有其不同的地下水运移和富集规律。掌握了这些规律，在基岩地区寻找地下水才不致迷失方向。

对地下水网络的研究，有利于摸清地下水的来龙去脉和边界条件，为正确评价地下水资源打下可靠的基础。

在查明勘探地区地下水网络模式图象和获得各项地下水参数的基础上，综合考虑其它影响因素，开展地下水动力模拟和数学模型，研究地下水网络中的水运动规律和地下水资源的评价是十分重要的课题，有待进一步开展。

参 考 文 献

〔1〕 李四光：1973，地质力学概论，科学出版社。

- 〔2〕 李四光：1972，地壳构造与地壳运动，天文地质古生物，科学出版社。
- 〔3〕 胡海涛、许贵森：1979，水文地质工作中应用地质力学与第四纪冰川地质的认识与意见，水文地质工程地质第1期。
- 〔4〕 严实：1976，我国的地形特点和成因，地理知识，第5期。
- 〔5〕 金鹿年：1977，金衢盆地几种构造类型及其含水条件，地质力学论丛，第4号，科学出版社。
- 〔6〕 袁道先：1977，论岩溶水的不均匀性，岩溶地区水文地质及工程地质工作经验汇编，第二辑，地质出版社。
- 〔7〕 Komatina M., 1976, *Development Conditions and Regionalization of Karst*.

On Ground Water Network

Hu Haitao & Xu Guisen

Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences

Abstract

Ground water in bedrocks mainly occurs in fissures and cavities of rock bodies and formations. Its mode of occurrence, distribution and storage depend upon various natural factors, among which lithology is the foundation and tectonic system is the leading factor, the other factors are climate, hydrography and geomorphology.

This article deals with the control of structural systems over ground water from the aspects of mechanical properties of structural planes, order and sequence of various structures as well as their combination patterns and composite relations, etc. The structural system formed in a particular stress field would have its particular pattern which might control the recharge, run-off, collecting and discharge of ground water in fractured rocks.

The writers have shown, by taking the examples of different areas, the existence of ground water networks and briefly described their formation and development. In a narrower sense, a ground water network refers to the water-bearing belts, in which ground water stores and circulates along the water-transmitting planes in specific spatial distribution, together with the netted or netlayered water-bearing units composed as a whole. A ground water network within the limits of proper geomorphologic and water-confining boundaries may constitute a drainage area with its own independent recharge, run-off and discharge regime, which is called a ground water system.

At the end of this paper, a classification of basic patterns of ground water networks are given including the “米”^①-type, “ξ”-type, “ε”-type, “λ”-type,

① Chinese character referring to the shape of ground water network.

"x"-type and various vortex types. These patterns and the structural positions they occupy show their particular regularities of ground water occurrence and movement. The knowledge of these regularities may guide the searching of ground water in bedrock areas, and lay a solid foundation for sound evaluation of ground water resources.

中国地热资源特征

安可士 黄尚瑶

(中国地质科学院)

本文重点论述了我国地热资源的分布、基本类型与形成特征；扼要介绍西藏羊八井、广东邓屋及北京三个不同类型地热田的地热地质；最后介绍我国地热资源的开发利用情况。

根据我国自然地理和地热地质条件，考虑到地下热水的综合利用，将地下热水的温度下限定为 25°C ，并按不同温度分为四级： $25-40^{\circ}\text{C}$ 为低温热水； $40-60^{\circ}\text{C}$ 为中温热水； $60-100^{\circ}\text{C}$ 为高温热水； $>100^{\circ}\text{C}$ 为过热水。

一、中国地热资源的分布特征

我国地热资源丰富，目前已发现的地下热水点（包括温泉、热水井及矿坑热水）达二千五百余处。

从中国地下热水分布略图（图1）可见，我国地热资源的分布是受大地构造格架控制的，根据温泉密集带并结合其分布地域的构造特征，初步划分以下几个主要地热带：

（一）藏滇地热带

从西藏的阿里地区西南部，沿雅鲁藏布江向东展布，达怒江后折向东南，经高黎贡山进入云南腾冲火山区。这条地热带上已发现四百多处热水点，其中西藏有340多处，云南80多处。

本带是我国大陆上地热活动最强烈的地带，各种高温的水热活动，如水热爆炸、间歇喷泉、喷汽孔、沸泉、热泉，一应俱全，它们大多出露在海拔4000米以上。水热爆炸多在雅鲁藏布江至狮泉河一线的两侧，东西延伸八百余公里，以普兰县曲普水热爆炸区规模最大，清晰可辨的爆炸穴不下30余处。高温间歇泉多在地热带中段，昂仁县搭格加间歇泉尤为壮观，激喷时吼声如雷，2米多粗的汽水柱腾空而起，喷高达20米以上。

雅鲁藏布江深断裂带在我国境内长二千公里，深度已达上地幔，该带的岩浆活动与重熔作用为水热活动提供了强大的热源和良好的通道。与上新世火山活动有关的腾冲地热田位于本带的东南端，火山群四周水热活动相当强烈，在五十余处热、汽泉中， $90-105^{\circ}\text{C}$ 者有九处。12米深的浅孔测温可达 145°C ，水汽柱喷高15米。充分说明藏滇地热带的水热活动仍处于方兴未艾的态势之中。

（二）台湾地热带

共有103处水热活动区，其中温度达 100°C 以上者六处。屏东温泉高达 140°C 。北投大